干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

新疆绿洲变化与资源配置协调性分析

庄庆威[1,2]， 吴世新[1*]， 罗格平[1,2]， 杨 怡[1,2]， 牛雅萱[1,2]， 谢聪慧[1,2]， 李天鹤[3]

（1 中国科学院 新疆生态与地理研究所荒漠与绿洲国家重点实验室，新疆 乌鲁木齐 830011；
2 中国科学院大学，北京 100049；3 山东省国土测绘院，山东，济南，250102）

摘 要：绿洲是干旱区最重要的人地关系地域系统，绿洲面积的扩张给资源配置的协调性带来了巨大的挑战。以新疆各绿洲为研究单元，运用GIS技术和数理统计方法对新疆1990—2015年绿洲面积变化的时序特征和空间差异进行分析，通过计算研究区水资源负载指数、单位面积耕地水资源弹性指数、人口弹性指数和经济弹性指数，探讨新疆绿洲变化的资源配置协调性。结果表明：(1) 新疆绿洲面积呈扩大趋势，扩张速度呈现出明显的波动性和阶段性特征。(2) 绿洲面积扩张与单位面积耕地水资源变化的协调关系以绿洲扩张为主，各地区单位面积耕地水资源占有量不断减少。(3) 新疆绿洲面积扩张与人口增长的协调性指数都小于1，各地区人口增长速度大于绿洲面积扩张速度，绿洲面积扩张与人口增长的协调性较低。(4) 新疆4个研究区各个时期的经济弹性指数均大于1，说明新疆经济发展速度高于绿洲面积扩张速度，其中，天山北坡对新疆经济发展贡献最大。

关 键 词：绿洲扩张；水资源；人口；资源配置；新疆

文章编号：

新疆地处我国西北干旱区，属温带大陆性气候，拥有典型的山地—绿洲—荒漠生态系统，面积约占全国陆地总面积的1/6，是“一带一路”经济带的核心区，同时也是国家粮食安全基地和优质棉花生产基地[1-2]。绿洲作为干旱区内部的地域分异产物，是干旱区最为重要的人地关系地域系统，承担着干旱区主要的人类及社会经济活动，其动态变化影响着干旱区资源环境及社会经济相互协调关系[3-4]。新疆各地州的生产活动围绕各大绿洲群展开，由于自然与社会资源分布不均衡，各地区的发展速度与发展潜力也有所不同。西部大开发、对口援疆等给新疆带来了巨大的政策红利，吸引了大量的流动人口，促进了新疆绿洲农业和绿洲城市的发展，随着经济民生的不断发展，新疆绿洲规模不断增大，绿洲范围内的资源压力不断增大。在此背景下，绿洲变化与水资源消耗、人口增加、国民收入等方面的矛盾随之产生，如何优化绿洲变化与资源配置之间的协调性，是解决该问题的基本方法之一。

诸多学者对资源配置状况以及资源配置公平性做了大量分析，涵盖了土地资源、水资源、教育资源、医疗资源等多个领域[5-9]。已有的研究通常采用统计数据、国家政策、土地利用类型图、遥感影像等途径获取资源分布与利用信息，运用GIS、地统计学、洛伦兹曲线和基尼系数等方法对资源的分布和利用特征进行分析，并使用回归模型、协调耦合度模型、人口分析模型等方法对人地配置协调性进行探究[10-14]。对绿洲资源配置的研究多集中于某地区资源总量变化规律、分布合理性以及资源优化配置方法论[15-17]，以绿洲为本底数据进行资源配置协调性分析的研究还不够深入。本文以新疆绿洲面积动态变化为背景，从大区域尺度、长时间跨度分析绿洲的时空特征，并从水资源分布与消耗、人口增长、经济发展之间相互关系的视角，探究人地配置协调性的空间耦合演化特征，研究绿洲资源配置的

收稿日期：2019-12-09； **修订日期：**2020-04-08

基金项目：中国科学院战略性先导科技专项（A类）“生态文明建设地理图景技术与应用示范”项目（XDA23100000）；国家科技基础资源调查专项课题（2017FY101004）资助

作者简介：庄庆威（1994- ），男，汉族，硕士研究生，研究方向为遥感与地理信息系统应用. E-mail: zhuangqingwei17@mails.ucas.ac.cn

通讯作者：吴世新. E-mail: wushixin@ms.xjb.ac.cn

变化规律，为绿洲资源合理利用提供参考。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

本文以新疆各绿洲为研究单元，并按其所处的地理区位划分为北疆西北部、南疆、东疆和天山北坡，其中，北疆西北部地区包括伊犁州直属县（市）、塔城地区、阿勒泰地区和博尔塔拉自治州，南疆包括阿克苏地区、喀什地区、和田地区、克孜勒苏自治州和巴音郭楞蒙古自治州，东疆包括哈密市和吐鲁番市，天山北坡包括乌鲁木齐市、昌吉回族自治州、石河子市和克拉玛依市。基础数据来源于中国科学院资源环境遥感调查得到的国家土地利用数据集（NLUD）中的1990、2000、2005、2010年和2015新疆土地利用数据。考虑到干旱区自然环境特点，利用多重数据范围界定和绿洲范围界定方法[18-21]，将土地利用分类系统中的各类耕地、各类林地、中高覆盖度草地、各类水域（除冰川和永久积雪地）及沼泽地、城乡工矿居民用地等土地类型作为绿洲的范畴，从土地利用数据中提取出1990—2015年绿洲面积动态变化信息，共获得新疆5个时期的绿洲面积信息；人口数据、GDP数据和水资源数据来源于1991年、2001、2006、2011年和2016年的《新疆维吾尔自治区统计年鉴》、《新疆水资源公报》和各地州（市）统计年鉴。

1.2 研究方法

1.2.1 绿洲面积变化速度分析方法 绿洲面积年均变化规模可以从绝对量上反映绿洲面积的变化速度；通过对某时段年均变化规模与整个研究期进行比较，可以了解不同时段的变化速度对整个研究期的影响程度，并能够清晰地观察出不同时段之间变化速度的差异[22]。本文以绿洲面积年均变化规模代表变化速度，并提出相对变化速度用于时序上的比较。其公式为：

$$S = \frac{Y_b - Y_a}{b - a} \tag{1}$$

$$R = \frac{(Y_b - Y_a)/(b - a)}{(T_B - T_A)/(B - A)} \tag{2}$$

式中：S表示变化速度，S值越大，代表变化速度越大；Y_a和Y_b分别表示基年a和目标年b的绿洲面积；T_A和T_B分别表示整个研究期的期初A和期末B的绿洲面积；R表示相对变化速度，$0 < R < 1$，表示该时段变化速度慢于整个研究期的变化速度；$R = 1$，表示该时段变化速度与整个研究期一致；$R > 1$，表示该时段变化速度快于整个研究时期。

1.2.2 水资源负载指数 水资源是绿洲赖以维系的根本要素，对新疆绿洲水资源利用程度和开发潜力进行计算，是讨论绿洲扩张及其资源配置的基本前提。水资源负载指数（Water Load Index, *WLI*）表示某区域水资源的开发利用前景，其物理意义是区域水资源量与人口和国内生产总值决定的水资源需求量的关系，反映了区域水资源的利用水平及今后水资源开发的难易程度，它与水资源的可利用程度呈负相关。同时，它还能反映出未来该地区水资源开发的难易程度，可以将水资源负载指数分为5个等级（表1）。公式如下[23]：

$$WLI = k\sqrt{PG/W} \tag{3}$$

$$k = \begin{cases} 1 & R \leqslant 200 \\ 1.0 - 0.1\,(R - 200)\,/\,200 & 200 < R \leqslant 400 \\ 0.9 - 0.2\,(R - 200)\,/\,400 & 400 < R \leqslant 800 \\ 0.7 - 0.2\,(R - 200)\,/\,800 & 800 < R \leqslant 1\,600 \\ 0.5 & R > 1\,600 \end{cases} \tag{4}$$

式中：*WLI* 为水资源负载指数；k为与降水相关的系数；R为年降水量（mm）；P为人口（10^4人）；G为国内生产总值（10^8元）；W为水资源总量（$10^8\ m^3$）。

1.2.3 资源配置协调性分析方法 绿洲面积变化速度与水资源、人口、GDP之间协调关系的衡量，是反映绿洲变化过程中资源配置协调性和合理性的有

表1 水资源负载指数分级评价

Tab.1 Evaluation classification for carrying index of water resource

级别	C值	开发利用程度	开发潜力	进一步开发评价
I	> 10	高	低	开发艰难，有条件时需要外域调水
II	5 ~ 10	较高	较低	很困难，要慎重开发
III	2 ~ 5	中等	中等	中等，可适度开发
IV	1 ~ 2	较低	较高	较容易，可一定规模开发
V	< 1	低	高	开发容易，可兴修中小工程

效方法。

(1) 通过计算单位面积耕地水资源弹性指数(Per Unit Cultivated land Water Elasticity Index, *PCWEI*),即研究区绿洲面积年均变化率与研究区单位面积耕地水资源占有量年均变化率的比值,度量绿洲变化与水资源之间的协调关系。公式如下[24-25]:

$$PCWEI = \frac{OR_i}{WR_i} \tag{5}$$

式中:*PCWEI* 为单位面积水资源弹性指数,OR_i 为 i 子研究区绿洲面积年均变化率;WR_i 为 i 子研究区人均水资源占有量年均变化率。

(2) 使用人口弹性指数(Population Elasticity Index, *PEI*),即研究区绿洲面积年均变化率与研究区人口年均增长率的比值,度量绿洲变化与人口增长之间的协调关系。公式如下[26]:

$$PEI = \frac{OR_i}{PR_i} \tag{6}$$

式中:*PEI* 为绿洲面积变化与人口增长协调度;OR_i 为 i 子研究区绿洲面积年均变化率;PR_i 为 i 子研究区人口年均增长率。

(3) 经济弹性指数(Economic Elasticity Index, *EEI*)能够准确反映经济增长与绿洲面积变化之间的协调性[27-28]。公式如下:

$$EEI = \frac{\sqrt[n]{G_b - G_a - 1}}{\sqrt[n]{Y_b - Y_a - 1}} \tag{7}$$

式中:*EEI* 表示经济增长与绿洲面积变化弹性系数;Y_a 和 Y_b 分别为基年 a 和目标年 b 各研究区绿洲面积;G_a 和 G_b 分别为基年 a 和目标年 b 各研究区国民生产总值。

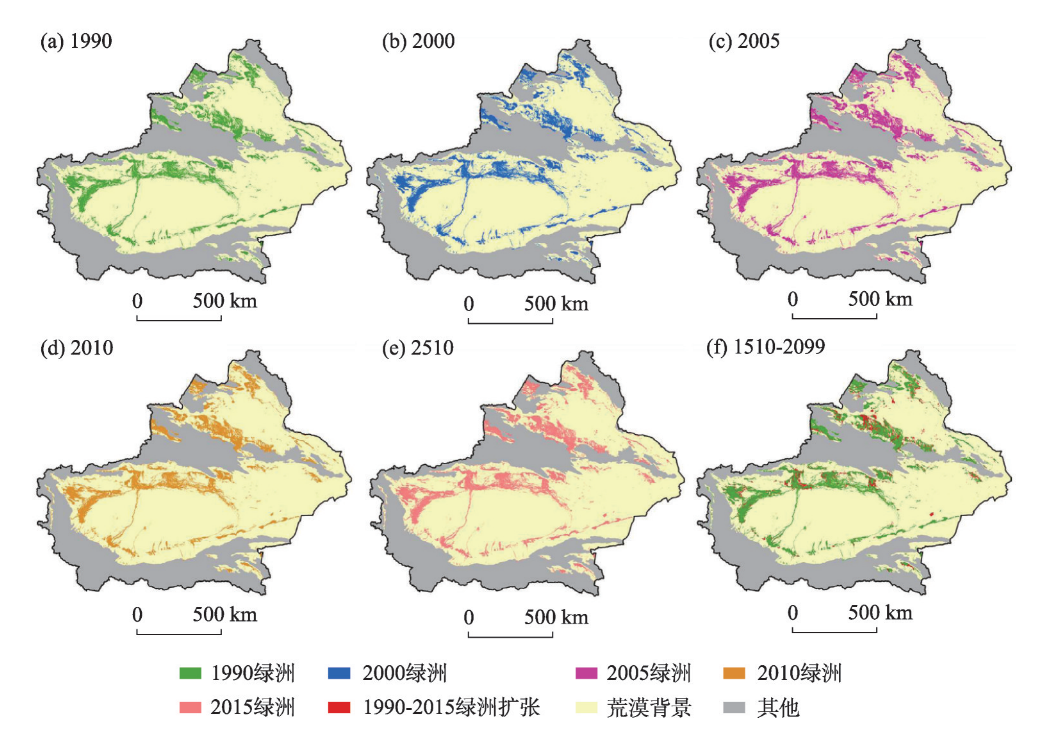
2 结果分析

2.1 绿洲面积变化时序特征分析与异质性分析

基于土地利用数据提取绿洲的分布和面积信息(图1)。可以发现新疆绿洲面积与研究区总面积的比值逐年上升,绿洲面积呈扩大趋势;各地区的绿洲面积基数相差甚大,年均扩张速度具有一定差异,呈现出明显的波动性和阶段性特征。

总体来看,2000—2005年和2010—2015年两个时期,各地区绿洲扩张速度出现两个峰值。本文将重点通过绿洲面积扩张速度和相对扩张速度分析绿洲面积扩张的时序特征和异质性(表2)。

(1) 南疆绿洲占比由1990年的5.82%上升到2015年的7.33%,增长12.75%,年均扩张速度为565.62 km²·a⁻¹。1990—2010年,南疆绿洲面积以稍



该图基于新疆维吾尔自治区测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为新S(2018)033号的标准地图,底图无修改

图1 1990—2015年新疆绿洲分布及其扩张

Fig.1 Distribution and expansion of oasis in Xinjiang from 1990 to 2015

表2　1990—2015年新疆各地区绿洲扩张速度变化情况

Tab.2　Speed of oasis expansion in various regions of Xinjiang from 1990 to 2015

	区 域	1990—2000年	2000—2005年	2005—2010年	2010—2015年	1990—2015年
扩张速度/ $km^2 \cdot a^{-1}$	南 疆	444.07	549.80	465.22	1127.71	565.62
	北疆西北部	88.11	575.68	193.36	334.83	242.80
	东 疆	23.06	37.74	50.32	46.12	36.06
	天山北坡	34.30	253.60	124.72	122.64	114.33
相对扩张速度	南 疆	0.70	0.86	0.73	2.02	1.00
	北疆西北部	0.36	2.38	0.51	1.38	1.00
	东 疆	0.64	1.05	1.40	1.28	1.00
	天山北坡	0.30	2.22	1.09	1.07	1.00

低于整个研究期的速度扩张；2010年以后，绿洲面积以1127.71 $km^2 \cdot a^{-1}$的平均速度急剧扩张，人类生产活动范围不断扩大。

（2）北疆西北部绿洲占比由1990年的9.30%上升到2015年的11.06%，增长18.93%，年均扩张速度为242.80 $km^2 \cdot a^{-1}$。1990—2000年，北疆绿洲扩张速度较慢；2000—2005年和2010—2015年两个阶段，北疆绿洲扩张速度大大提升；2005—2010年，此阶段为调整期，主要任务是巩固和改善新开垦的绿洲，绿洲扩张速度放缓。

（3）东疆绿洲占比由1990年的1.24%上升到2015年的1.51%，相对增长21.92%，年均扩张速度为36.06 $km^2 \cdot a^{-1}$。1990—2000年，东疆绿洲相对扩张速度仅为整个研究期绿洲扩张速度的64%；2000—2015年，东疆绿洲面积以大于整个研究期的速度稳定扩张，年均扩张速度较为均衡。

（4）天山北坡绿洲占比由1990年的6.92%上升到2015年的8.56%，相对增长23.75%，年均扩张速度为114.33 $km^2 \cdot a^{-1}$。1990—2000年，天山北坡绿洲相对扩张速度仅相当于整个研究期的30%；2000—2005年，该地区绿洲面积以超过整个研究期2倍的相对速度急剧扩张，2005年以后，该地区绿洲扩张速度相对平稳。

2.2　水资源开发利用前景分析

水资源负载指数计算结果表明（表3），整体而言，新疆水资源负载指数为5.28，属于水资源开发利用程度较高，开发潜力较低的地区。但是由于水资源时空分布不均匀，各地区之间水资源开发利用程度与开发潜力差异显著。

天山北坡和东疆水资源负载指数超过10，水资源负载级别达到I级，其中，天山北坡高达27.54，水资源开发利用程度最高；东疆地区水资源负载指数达到11.35，水资源形势同样不容乐观，在高开发程度的基础上，应该进一步提高利用效率。

南疆和北疆西北部的水资源负载指数在2～5之间，属于开发利用程度中等，具有一定的开发利用潜力，北疆西北部的水资源负载指数低于南疆，该地区的水资源压力要小于南疆。

2.3　绿洲资源配置协调性分析

2.3.1　绿洲面积扩张与水资源变化的协调性分析　新疆90%以上的供水量用于第一产业的生产活动，通过单位面积耕地水资源弹性指数（*PCWEI*）的计算及分类，对全疆4个研究区绿洲面积扩张与水资源变化协调性进行评价。新疆绿洲面积呈增长趋势，各时期变化率为正数，单位面积水资源量呈减少趋势，变化率为负数，因此，*PCWEI*值越小，两者之间的协调性越高，反之，协调性越低。结果显示，不同时期绿洲面积扩张与单位面积耕地水资源变化的协调性呈现不同的特征（表4）：

表3　新疆水资源负载指数

Tab.3　Load index of water resources in Xinjiang

地区	水资源量 / $10^8 m^3$	人口/10^4人	GDP/ 10^8元	负载指数	级别
全疆	930.40	2359.73	10223.95	5.28	II
天山北坡	54.20	499.34	4716.87	27.54	I
东疆	24.96	126.86	632.15	11.35	I
北疆西北部	363.93	517.61	1911.54	2.61	III
南疆	487.26	1134.39	2963.39	3.76	III

表4 1990—2015年新疆各地区单位面积耕地水资源弹性指数变化情况

Tab.4 Changes of per unit cultivated land water elasticity index in various regionsof Xinjiang from 1990 to 2015

区域	1990—2000年	2000—2005年	2005—2010年	2010—2015年	1990—2015年
全疆	-0.45	-1.08	-0.18	-0.20	-0.68
南疆	-0.15	-0.33	-0.21	-1.26	-0.27
北疆西北部	-0.34	-6.34	-0.06	-0.27	-0.31
东疆	-1.88	-14.66	-0.30	-0.32	-2.60
天山北坡	-0.80	-3.43	-0.16	-0.10	-0.54

(1) 1990—2000年,天山北坡和东疆的协调性水平高于该时期全疆平均水平,其中,东疆的*PCWEI*值最小,这意味着绿洲扩张同样大小的面积,东疆单位面积耕地的水资源占有量减少的幅度最小。南疆和北疆西北部的协调性水平低于全疆平均水平,主要由于绿洲扩张过程中,水利设施建设不够完善,水资源利用率较低。

(2) 2000—2005年,新疆绿洲面积扩张与单位面积耕地水资源变化协调性的主体格局发生了改变,北疆西北部、天山北坡和东疆的*PCWEI*值均大幅度降低,说明该阶段绿洲扩张速度远大于单位面积耕地水资源减少的速度;南疆单位面积耕地水资源量的减少速度要高于绿洲扩张速度。

(3) 2005—2010年,该时期新疆各地区绿洲扩张速度均大幅减缓,大量的水资源被用来巩固新垦绿洲,导致*PCWEI*值急剧变大,该时期绿洲扩张的速度小于单位面积水资源减少的速度。

(4) 2010—2015年,随着塔河治理的成效显现和水资源利用效率的提升,南疆的水资源利用状况有所改善;北疆西北部、东疆和天山北坡均大于-1,说明绿洲扩张带来的水资源压力仍然不容乐观。

2.3.2 绿洲面积扩张与人口增长的协调性分析 通过计算各地区的人口弹性指数(图2),得出1990—2015年新疆各地区绿洲面积扩张与人口增长的协调性指数都小于1。其中,北疆西北部的协调性最高,天山北坡次之,东疆协调性最低。图2中数据显示,新疆各地区人口增长速度远大于绿洲面积扩张速度,绿洲面积扩张与人口增长的协调性较低。各地区不同时期绿洲面积扩张与人口增长的协调性有所差异:

(1) 整个研究期内,南疆、东疆的人口弹性指数总体呈上升趋势,绿洲面积扩张与人口增长的协调性在不断增强,但是由于均值较小,协调性水平仍低于全疆平均水平;2005—2010年,南疆的人口弹性指数稍低于2000—2005年;2010—2015年,东疆绿洲扩张速度低于2005—2010年,人口弹性指数降低。

(2) 1990—2000年,北疆西北部人口弹性指数

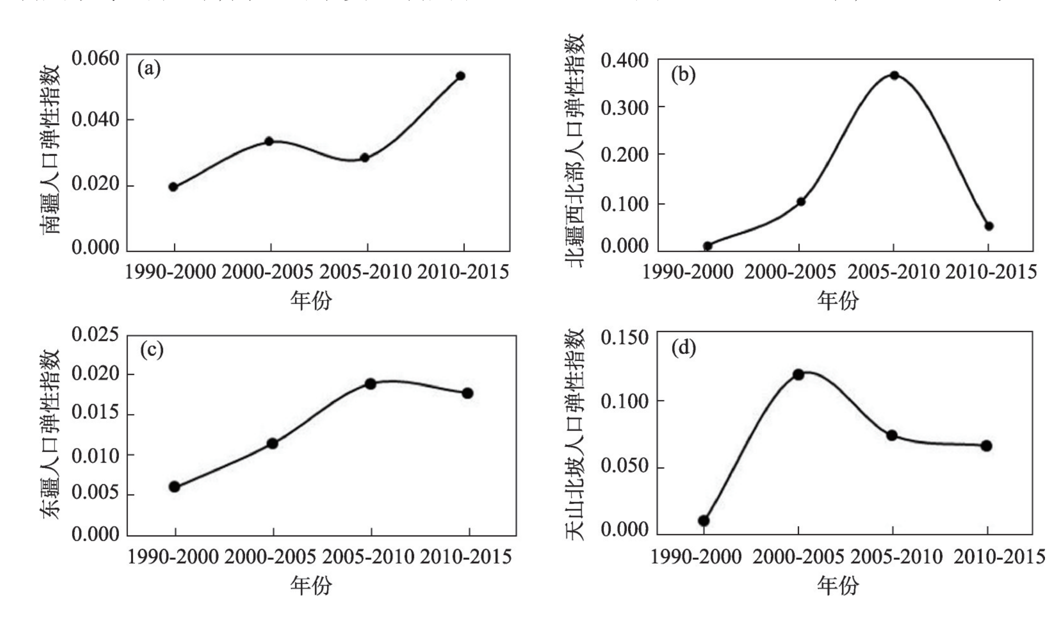


图2 1990—2015年新疆各地区人口弹性指数变化情况

Fig.2 Changes of population elasticity index in various regions of Xinjiang from 1990 to 2015

远低于整个研究期的平均水平，此阶段人口增长较慢，绿洲扩张速度也较为缓慢；2000—2010年，随着人口增长及绿洲急剧扩张，剧烈的开荒活动导致人口弹性指数急剧增大，虽然这段时期人口增长速度仍大于绿洲扩张速度，但是两者之间已经比较接近；2010年以后，绿洲增长速度减慢，人口增长速度却没有减慢，导致人口弹性指数回落，协调性有所降低。

（3）1990—2000年，天山北坡人口弹性指数远低于整个研究期的平均水平，此阶段协调性水平较低；2000—2015年，该地区人口弹性指数远大于1990—2000年的人口弹性指数，此阶段协调性水平较高，但其*PEI*值在不断减小，协调性逐渐降低，说明人口对绿洲扩张造成的压力越来越大。

2.3.3 绿洲面积扩张与经济发展的协调性分析 通过计算各地区的经济弹性指数，得出1990—2015年南疆、北疆西北部、东疆、天山北坡绿洲面积扩张与经济发展的协调性指数分别为1.63、1.82、2.15、2.24。根据1990—2015年全疆绿洲面积扩张与经济发展的平均协调性水平（1.99），将绿洲面积扩张—经济发展协调性划分为4个类型：绿洲或经济收缩型（$EEI < 0$）、绿洲扩张型（$0 \le EEI < 1$）、绿洲—经济协调发展型（$1 \le EEI < 5$）和经济发展型（$5 \le EEI$）。各地区绿洲各个时期的*PEI*值均大于1，说明新疆经济发展速度高于绿洲扩张速度，各时期不同地区绿洲面积扩张与经济发展的协调性有所差异：

（1）天山北坡经济弹性指数在整个研究期内总体呈上升趋势，由2.12上升到2.54，增幅19.81%，在全疆范围内经济发展速度最快，平均经济弹性系数最大；2000—2005年，绿洲面积的急剧扩张导致经济弹性指数下降至均值最小的1.88；2005—2015年，随着经济发展不断提速，经济弹性指数不断增大。

（2）东疆经济弹性指数在整个研究期内呈稳定上升趋势，由1.87上升到2.48，增幅32.62%，在4个研究区中增长幅度最大；整个研究期内的*EEI*均值为2.44，仅次于天山北坡，说明该地区经济发展速度与扩张速度之间的差值较大；相比较新疆其他地区，其经济总量基数较小，对全疆经济发展的贡献度小于天山北坡。

（3）北疆西北部经济弹性指数在整个研究期内的上升趋势与天山北坡相同，由1.69上升2.15，增幅27.21%；2000—2005年，由于绿洲面积扩张的相对速度较大，绿洲面积扩张与经济增长之间的差值相对较小，导致*EEI*值下降至整个研究期内均值最小的1.48；2005—2010年，绿洲相对扩张速度减小，*EEI*值呈上升趋势；2010—2015年，经济发展速度加快，*EEI*值继续增大。

（4）南疆经济弹性指数在整个研究期内总体呈上升趋势，由1.40上升到1.83，增幅30.71%，南疆的*EEI*均值最小，说明该地区经济发展速度最慢；1990—2000年，经济弹性指数小于整个研究期的均值；2000—2010年，经济弹性指数呈逐渐上升的趋势；2010—2015年南疆产业结构不断优化升级，经济弹性指数继续上升。

3 结 论

本文以新疆绿洲面积长时间序列的动态变化为基础，运用GIS和数理统计的方法，从水资源分布与消耗、人口增长、经济发展等多个角度深入探究了新疆绿洲资源配置的变化规律，研究结果全面反映了新疆绿洲资源配置协调性的空间耦合演化特征，为新疆绿洲由数量型向质量型转变提供了重要的理论支撑。主要结论如下：

（1）新疆各研究区绿洲面积呈稳定扩大趋势，各地区绿洲面积基数相差甚大，年均扩张速度也不甚相同，扩张速度呈现出明显的波动性和阶段性特征。20世纪90年代末“西部大开发”战略和2010年“对口援疆”政策实施之后，绿洲的扩张速度明显加快；各地区绿洲扩张虽然具有明显的空间差异性，但是总体扩张趋势基本保持一致，相对扩张速度呈上升趋势。

（2）整个研究期内，绿洲面积扩张与单位面积耕地水资源变化的协调关系以绿洲扩张为主，总体而言，各地区单位面积耕地水资源占有量不断减少，不同研究时期绿洲面积扩张与单位面积耕地水资源变化的协调性呈现不同的特征。南疆和北疆西北部的协调性水平低于全疆平均水平，主要由于绿洲扩张过程中，水利设施建设不够完善，水资源利用率较低。

（3）新疆各地区绿洲面积扩张与人口增长的协调性指数都小于1，绿洲面积扩张与人口增长的协

调性较低，人口增长速度远大于绿洲面积扩张速度。各地区协调性水平也存在差异，北疆西北部协调性水平最高，天山北坡次之，南疆、东疆协调性水平则低于全疆平均水平，整个研究期内各区域协调性水平不断上升。

（4）新疆4个研究区各个时期的*EEI*值均大于1，说明新疆经济发展速度高于绿洲面积扩张速度，各时期不同地区绿洲面积扩张与经济发展的协调性有所差异，其中，天山北坡对新疆经济发展的贡献最大，国民生产总值超过全疆的50%，南疆须加快产业转型，促进经济发展。

4 建 议

1990—2015年，新疆绿洲呈扩大趋势，各时期绿洲扩张的速度不同，近年来，绿洲扩张趋势减缓，绿洲质量有所提升；各个地区的水资源负载指数较高，天山北坡和东疆的水资源负载级别达到I级，如何优化这两个地区的水资源调度，提高水资源利用效率，是亟需考虑的问题；新疆人口增长给绿洲扩张带来的压力较大，同时人口增长也是绿洲扩张主要的驱动因素之一；如何促进新疆绿洲从数量型向质量型转变，是提升经济发展速度与质量的重要途径。

根据《全国国土规划纲要（2016—2030年）》和“一带一路”建设指导思想，基于本文研究成果，提出以下促进新疆绿洲资源高效配置的相关建议：天山北坡应充分发挥区位优势和交通便利优势，合理管控绿洲扩张速度，优化绿洲资源配置；提高水资源利用率，促使天山北坡绿洲由数量型向质量型转变，确保天山北坡核心经济带持续发展。北疆西北部作为“一带一路”建设的重要对外窗口，应该加快建设与内地及周边国家的物流大通道建设，驱动该地区经济快速发展；提高水资源利用效率，促进绿洲向质量型转变。加快交通基础设施建设，打造现代物流园区，使东疆成为“一带一路”建设的重要节点；加快经济发展速度，提升水资源利用效率，从而缓解绿洲扩张过快的压力。南疆有着庞大的农村人口和广阔的绿洲面积，从人口问题入手，积极开发第二、第三产业，促进产业转型，吸纳农村剩余劳动力，是优化南疆绿洲资源配置，加快南疆经济发展速度，确保社会稳定发展的重要抓手。

参考文献(Reference)

[1] 张小雷, 雷军, 段祖亮, 等. 近20 a来新疆人文与经济地理学发展与展望[J]. 经济地理, 2018, 38(4): 9-18. [ZHANG Xiaolei, LEI Jun, DUAN Zuliang, et al. Prospect and 20-year retrospect of human-economic geography in Xinjiang[J]. Economic Geography, 2018, 38(4): 9-18.]

[2] 陈曦. 中国干旱区土地利用与土地覆被变化[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 409-423. [CHEN Xi. Land use/cover change in arid areas in China[M]. Beijing: Science Press, 2008: 409-423.]

[3] 王永兴, 张小雷, 阚耀平. 绿洲地域系统及其演变规律的初步研究[J]. 干旱区地理, 1999, 22(1): 62-68. [WANG Yongxing, Zhang Xiaolei, Kan Yaoping. Study on oasis regional system and the spatial envelopment [J]. Arid Land Geography, 1999, 22(1): 62-68.]

[4] 伍光和, 张英. 中国绿洲地域系统研究[J]. 干旱区资源与环境, 2000, 14(3): 1-10. [WU Guanghe, ZHANG Ying. Study on regional system of oasis in China[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2000, 14(3): 1-10.]

[5] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 等. 20世纪80年代以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报, 2014, 69(1): 3-14. [LIU Jiyuan, KUANG Wenhui, ZHANG Zengxiang, et al. Basic characteristics and spatial patterns of land use change in China since the 1980s[J]. Acta Geographica Science, 2014, 69(1): 3-14.]

[6] 满苏尔·沙比提, 马国飞, 张雪琪. 托木尔峰国家级自然保护区土地利用/覆被变化及驱动力分析[J]. 冰川冻土, 2017, 39(6): 1241-1248. [SABIT Mansur, MA Guofei, ZHANG Xueqi. Analysis of land use/cover change and its driving force in Tomur National Nature Reserve[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2017, 39(6): 1241-1248.]

[7] 游小珺, 赵光龙, 杜德斌, 等. 中国高等教育经费投入空间格局及形成机理研究[J]. 地理科学, 2016, 36(2): 180-187. [YOU Xiaojun, ZHAO Guanglong, DU Debin, et al. Spatial pattern and formation mechanism of higher education investment of China[J]. Scientia Geographica Sinica, 2016, 36(2): 180-187.]

[8] 蔺筠, 胡泽勇, 孙厚根, 等. 城镇化发展背景下那曲地区气温变化的特征分析[J]. 冰川冻土, 2016, 38(3): 634-644. [LIN Yun, HU Zeyong, SUN Genhou, et al. Feature analysis of the air temperature change in Nagqu Prefecture under the background of urbanization[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2016, 38(3): 634-644.]

[9] ZHANG Q, WALLACE J, DENG X Z, et al. Central versus local states: Which matters more in affecting China´s urban growth?[J]. Land Use Policy, 2014, 38: 487-496.

[10] 陈红, 吴世新, 冯雪力. 新疆耕地时空变化特征[J]. 地理科学进展, 2010, 29(3): 312-318. [CHEN Hong, WU Shixin, FENG Xueli. Temporal and spatial variation characteristics of cultivated land in Xinjiang[J]. Progress in Geography, 2010, 29(3): 312-318.]

[11] HAO L N, SU X L, P. SINGH V, et al. Suitable oasis and cultivat-

ed land scales in arid regions based on ecological health[J]. Ecological Indicators, 2019, 102: 33 – 42.

[12] 王一航, 夏沛, 刘志锋, 等. 中国绿洲城市土地利用/覆盖变化研究进展[J]. 干旱区地理, 2019, 42(2): 341–353. [WANG Yihang, XIA Pei, LIU Zhifeng, et al. Research progress of urban land use/cover change in the oasis cities of China[J]. Arid Land Geography, 2019, 42(2): 341–353.]

[13] 刘香云, 王宏卫, 杨胜天, 等. 艾比湖流域绿洲乡村聚落空间格局及其驱动力分析[J]. 干旱区地理, 2018, 41(4): 859–866. [LIU Xiangyun, WANG Hongwei, YANG Shengtian, et al. Spatial pattern and driving force of oasis rural settlements in Ebinur Basin[J], Arid Land Geography, 2018, 41(4): 859–866.]

[14] SHARAHI S J, KHALILI–DAMGHANI K. Fuzzy type-II De-Novo programming for resource allocation and target setting in network data envelopment analysis: A natural gas supply chain[J]. Expert Systems with Applications, 2018, 46(9): 312–329.

[15] 卢晓杰, 张克斌, 李瑞. 柴达木盆地香日德绿洲水资源优化配置研究[J]. 水土保持研究, 2011, 18(4): 232–236. [LU Xiaojie, ZHANG Kebin, LI Rui. Study on optimal allocation of water resources in Xiangri De Oasis in Qaidam Basin[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2011, 18(4): 232–236.]

[16] 蒙吉军, 汪疆玮, 王雅, 等. 基于绿洲灌区尺度的生态需水及水资源配置效率研究——黑河中游案例[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2018, 54 (1): 171–180. [MENG Jijun, WANG Jiangwei, WANG Ya, et al. A study of ecological water requirement and efficiency of water allocation based on oasis irrigation area scale: A case of middle reaches of Heihe River[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2018, 54 (1): 171–180.]

[17] 申梦阳, 赵建平, 桂东伟, 等. 基于两阶段随机规划方法的绿洲水资源优化配置[J]. 干旱地区农业研究, 2018, 36(4): 233 –238. [SHEN Mengyang, ZHAO Jianping, GUI Dongwei, et al. Study on the optimal allocation of oasis water resources based on the two-stage stochastic programming method[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2018, 36(4): 233 – 238.]

[18] 贺可, 吴世新, 杨怡, 等. 近40 a新疆土地利用及其绿洲动态变化[J]. 干旱区地理, 2018, 41(6): 1333–1340. [HE Ke, WU Shixin, YANG Yi, et al. Dynamic changes of land use and oasis in Xinjiang in the last 40 years[J]. Arid Land Geography, 2018, 41(6): 1333–1340.]

[19] 吴莹, 吴世新, 张娟, 等. 基于多重数据的新疆绿洲研究[J]. 干旱区地理, 2014, 37(2): 333–341. [WU Ying, WU Shixin, ZHANG Juan, et al. Xinjiang oasis research based on multiple data [J]. Arid Land Geography, 2014, 37(2): 333–341.]

[20] 高瑜莲, 柳锦宝, 柳维扬, 等. 近14 a新疆南疆绿洲地表蒸散与干旱的时空变化特征研究[J]. 干旱区地理, 2019, 42(4): 830–837. [GAO Yulian, LIU Jinbao, LIU Weiyang, et al. Spatio-temporal variation characteristics of surface evapotranspiration and drought at the oasis area of the southern Xinjiang in recent 14 years[J]. Arid Land Geography, 2019, 42(6): 830–837.]

[21] 王静, 刘海隆, 王玲. 气候变化背景下玛纳斯河流域绿洲适宜规模研究[J]. 干旱区地理, 2019, 42(1): 113–120. [WANG Jing, LIU Hailong, WANG Ling. Suitable oasis scale in Manas River Basin in the context of climate change[J]. Arid Land Geography, 2019, 42 (1): 113–120.]

[22] 许雪爽, 包安明, 常存, 等. 新疆重点城市建设用地扩张与人地配置协调性分析[J]. 经济地理, 2017, 37(10): 92–99. [XU Xueshuang, BAO Anming, CHANG Cun, et al. Characteristics of urban built-up expansion and coordination of man–land allocation in the major cities in Xinjiang[J]. Economic Geography, 2017, 37(10): 92–99.]

[23] 杨艳昭, 张伟科, 刘登伟. 内蒙古水土资源平衡及其水资源承载能力[J]. 干旱区地理, 2008, 31(3): 436–441. [YANG Yanzhao, ZHANG Weike, LIU Dengwei. Water and land balance and water resources carrying capacity in Inner Mongolia[J]. Arid Land Geography, 2008, 31(3): 436–441.]

[24] 宋建. 2011年与2016年新疆水资源配置的公平性比较[J]. 水资源规划, 2018, (8): 47–52. [SONG Jian. Comparison of fairness of water resources allocation in Xinjiang in 2011 and 2016[J]. Water Pesources Planning, 2018, (8): 47–52.]

[25] 雷亚君, 张永福, 张敏惠, 等. 新疆水资源生态足迹核算与预测[J]. 干旱地区农业研究, 2017, 35(5): 142–150. [LEI Yajun, ZHANG Yongfu, ZHANG Minhui, et al. Calculation and prediction of water resource ecological footprint in Xinjiang[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2017, 35(5): 142–150.]

[26] 韩桂兰, 孙建光. 新疆人口分布与水资源承载力协调的量化评价与分析[J]. 新疆财经, 2010, (3): 11–14. [HAN Guilan, SUN Jianguang. Quantitative evaluation and analysis of the coordination between population distribution and water resources carrying capacity in Xinjiang[J]. Xinjiang Finance, 2010, (3): 11–14.]

[27] 李志新, 赖志琴, 龙云墨, 等. 基于模式识别神经网络的水资源配置评价模型研究[J]. 中国农村水利水电, 2018, (11): 61–66. [LI Zhixin, LAI Zhiqin, LONG Yunmo, et al. Research on water resources allocation evaluation model based on pattern recognition neural network[J]. China Rural Water and Hydropower, 2018, (11): 61–66.]

[28] 解海群, 王哲, 黄佛君, 等. 基于夜光遥感的南疆三地州农民收入年际变化特征[J]. 冰川冻土, 2016, 38(3): 819–828. [XIE Haiqun, WANG Zhe, HUANG Fojun, et al. The interannual variation of rural per capita net income in the three prefectures of South Xinjiang[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2016, 38(3): 819–828.]

Changes in oasis and coordination of resource allocation in Xinjiang

ZHUANG Qing-wei[1,2], WU Shi-xin[1*], LUO Geping[1,2], YANG Yi[1,2],
NIU Ya-xuan[1,2], XIE Cong-hui[1,2], LI Tian-he[3]

(1 *State Key Laboratory of Desert and Oasis Ecology, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi* 830011, *Xinjiang, China;* 2 *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100049, *China*;
3 *Shandong Provincial Institute of Land Surveying and mapping, Jinan* 250102, *Shandong, China*)

Abstract: An oasis is defined as the most important regional system of human-land interaction in arid regions. Rapid oasis expansion stimulates socioeconomic development; however, it can lead to negative impacts that threaten regional food security, ecological construction, and resource sustainability, including cropland and habitat loss and biodiversity reduction. Although some studies on the coordination of oasis resource allocation have been conducted, research on the coordination of resource allocation by oasis as background data is not enough. Xinjiang is the core area of the "Global Belt and Road" economic belt, which consists of a mountain-oasis-desert ecosystem in the arid regions of China. This study used GIS technology and statistical methods to analyze the time series characteristics and spatial differences of the Xinjiang oasis based on long-term serial spatial distribution data and statistical data on the relationship between the distribution and consumption of water resources, population growth, and economic development. The results of this study indicate that oasis area to total area ratio in Xinjiang increased year by year, with the areas of oasis expanding steadily. The oasis areas in different regions were very different, as were the annual expansion rates. Expansion speed showed obvious volatility and stage characteristics. In the two periods analyzed, 2000-2005 and 2010-2015, the oasis expansion speed in various regions appeared to have two peaks. The coordination relationship between oasis area expansion and changes in water resources per unit of cultivated land was dominated by oasis expansion, and the water resources per unit area of cultivated land decreased. This indicates that the pressure on water resources brought about by oasis expansion was not optimal. The coordination index of oasis area expansion and population growth in all regions of Xinjiang was less than 1. Among these areas, northern Xinjiang had the highest coordination, the northern slope of the Tianshan Mountains had the second highest, and eastern Xinjiang had the lowest coordination. In theory, a population elasticity index of 1 indicates that an oasis area grows in sync with the population, which is the best state of the oasis expansion mode. However, the population growth rate was usually greater than the oasis expansion speed. The population growth rates in various regions of Xinjiang were much greater than the oasis area expansion rate, and the coordination between oasis area expansion and population growth was low. The economic elasticity index of each of the four research districts in Xinjiang was greater than 1, indicating that Xinjiang´s economic development rate was greater than that of the oasis area. Among these areas, the northern slope of the Tianshan Mountains contributed the most to the Xinjiang's economic development. Based on these results, we propose several measures to optimize resource allocation to help Xinjiang oasis research change from quantitative to qualitative. These measures include improving water resource utilization efficiency, enhancing transportation capacity, and actively developing secondary and tertiary industries.

Key words: oasis expansion; water resource; population; resource allocation; Xinjiang